

CRYSTAL GROWING DEVICE

Patent Number: JP3012388
Publication date: 1991-01-21
Inventor(s): FUJIWARA TOSHIYUKI; others: 01
Applicant(s): SUMITOMO METAL IND LTD
Requested Patent: ☐ JP3012388
Application Number: JP19890146134 19890607
Priority Number(s):
IPC Classification: C30B15/10 ; H01L21/208
EC Classification:
Equivalents: JP1981658C, JP7005429B

Abstract

PURPOSE: To reduce the amount of a raw material in a crucible at the time of completing pulling-up and to enhance the production yield of crystal by utilizing a crucible which is formed by fitting a cylindrical inner layer holding vessel to the inside of an end-closed cylindrical outer layer holding vessel in the case of pulling up and growing crystal in a molten layer method.

CONSTITUTION: A crucible 1 wherein only side part is constituted of a double structure is formed by fitting a cylindrical inner layer holding vessel 1b to the inside of an end-closed cylindrical outer layer holding vessel 1a. Then a material 7 for crystal is supplied to this crucible 1 and heated by a heater 2. Melt 6 is pulled up to the upper part to grow crystal 5 while melting the raw material toward the lower side from the upside. Thereby thermal diffusion from the bottom part is made active because the bottom part of the crucible 1 is formed of only the outer layer holding vessel 1a high in thermal conductivity. A solid layer 7 can be made thicker than a floating limit. The amount of the raw material in the crucible 1 can be reduced at the time of completing pulling-up.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Ref. #10
99-3590 (2702)
Hariprasad Sreedharamurthy
09/757,121

⑫ 公開特許公報(A)

平3-12388

⑤ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)1月21日

C 30 B 15/10
H 01 L 21/208

P

8618-4G
7630-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全9頁)

⑭ 発明の名称 結晶成長装置

⑯ 特 願 平1-146134

⑰ 出 願 平1(1989)6月7日

⑱ 発 明 者 藤 原 俊 幸 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

⑲ 発 明 者 小 林 純 夫 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

⑳ 出 願 人 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

㉑ 代 理 人 弁理士 河野 登夫

明 細 書

1. 発明の名称 結晶成長装置

2. 特許請求の範囲

1. るつば内に保持された結晶用原料を上側から下側へ向けて溶融しつつ、その溶融液を上方に引き上げて結晶を成長させる装置において、

前記るつばは、有底筒状の外層保持容器内に、筒状の内層保持容器を嵌合させ形成してあることを特徴とする結晶成長装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は例えば半導体装置の材料として使用されるシリコン単結晶等の結晶を成長させる装置に関する。

(従来技術)

単結晶を成長させるには種々の方式があるが、その中に例えばチョクラルスキー法(CZ法)等の回転引き上げ方式がある。第3図は従来の回転引き上げ方式の結晶装置の模式的縦断面図であり、図中

1はるつばである。該るつば1は有底円筒状の石英製の内層保持容器1bと該内層保持容器1bの外側に内層保持容器1bを保持すべく嵌合された同じく有底円筒状の黒鉛製外層保持容器1aとにて構成されている。るつば1の外側には抵抗加熱式ヒータ12が、その更に外側には図示しない黒鉛製の保温筒が夫々同心円筒状に配設されており、るつば1内には所定重量の原料をヒータ12により溶融させた溶融液13が充填されている。前記るつば1の中心軸上には図中矢符方向に所定速度で回転する引き上げ棒14(またはワイヤー、以下、両者を合わせて「引き上げ棒」と記す)が配されている。るつば1は引き上げ棒14と同一軸心で逆方向に所定速度で回転するるつば支持軸14aにて支持されている。そして該引き上げ棒14に取付けられた種結晶15aを、溶融液13の表面に接触させ、引き上げ棒14を結晶生成に合わせて回転させつつ上方へ引き上げていくことにより、溶融液13を凝固させ、単結晶15を成長させる。

従来、半導体単結晶を回転引き上げ方式にて成長させる場合、引き上げ前に一括して溶融液13に不

純物を添加し半導体結晶の電気抵抗率、電気伝導型の調整を図っていたので、この不純物が単結晶15の引き上げ方向に沿って偏析し、引き上げ方向に均一な電気的特性を有する単結晶が得られないという問題があった。この偏析は、凝固の際に熔融液・単結晶界面に実際生じる単結晶中の不純物濃度 C_s と熔融液中の不純物濃度 C_l との比 C_s/C_l 、即ち、実効偏析係数 K_e に起因して生じる。これを詳述すると、例えば $K_e < 1$ の場合には単結晶が成長せしめられるに伴って熔融液中の不純物濃度が自ずと高くなっていき、単結晶に偏析が生じるのである。なお上記実効係数 K_e は公知であり、熔融液が完全に静止した状態では $K_e = 1$ となり、熔融液に熱対流又は誘導加熱コイルによる磁界に基づく強制対流等が生じている場合には不純物元素の溶融体元素に対する固有の平衡偏析係数 K_0 に近づく方向に変化する係数である。

上記偏析の発生を抑制して回転引き上げ法により単結晶を成長させる方法として熔融層法がある。

第4図は該熔融層法による従来の結晶成長装置

いる。

ところで、前述した熔融層法における偏析軽減の原理は、最初にするつば1内に充填される熔融液の重量(初期充填量)を1とし、原料上面から測った重量比 x の位置における不純物濃度を $C_p(x)$ で表すことにより第5図～第8図に示すような一次元モデルにて説明できる。この際、初期充填量1に対する結晶引き上げ率を f_c 、熔融液(層)の重量比を f_l 、原料の重量比(原料比、下部固体率)を f_p 、 $f_c + f_l + f_p = 1$ とおくと次式(1)の如く定義される。

$$f_c + f_l + f_p = f_s + f_l + f_p = 1 \quad \dots (1)$$

なお、CZ法等の回転引き上げ方式では原料として高純度多結晶が用いられることが多いが、まず、より一般的に原料中の不純物濃度 $C_p \neq 0$ の場合を説明する。また図において左方をるつば1上面側とする。

第5図は原料をるつば1内に挿入した直後の状態を示し、 $f_p = 1$ である。第6図は第5図の原料が原料上面から f_c だけ熔融され、それに不純

物の模式的縦断面図であり、第3図と同様に構成されたるつば1内に挿入した単結晶用原料の上層部をヒータ12にて熔融させることにより、上層に熔融層6が形成され、その下層は固体層7となる。該固体層7を引上げ棒14の引上げに伴ってヒータ12にて熔融することにより、るつば1内の熔融液量を一定に維持させる(熔融層厚一定法)。この方法による場合には実効偏析係数 K_e の値に拘わらず単結晶の成長に伴って新たに成長された熔融液により不純物濃度 C_s が低減されるため、この不純物の低減に基づくるつば1内の熔融液中での不純物濃度変化を抑制すべく、一般にるつば1内の熔融液量に対して不純物を連続的に添加することにより偏析を抑制できる(特公昭34-8242号、特公昭62-880号、特公昭63-252989号、実開昭60-32476号)。

また、単結晶15の成長に伴ってるつば1またはヒータ12を昇降させ、るつば1内の熔融液量を変化させることにより、偏析を抑制する方法(熔融層厚変化法)が特開昭61-205691号に開示されて

物を添加した初期溶解終了時の状態を示す。 C_0 は初期熔融液中の不純物濃度であり、 $f_s = f_l$ である。第7図は結晶引き上げ中の変化を示す。原料上面から f_c だけ結晶を引き上げ、原料は更に f_l だけ熔融される。 C_l は熔融液中の不純物濃度であり、 C_p は原料の不純物濃度である。 f_c から更に $f_l + \Delta f_l$ だけ結晶を引き上げる間に $C_s + \Delta C_s$ だけ不純物を添加した場合 f_s は $f_s + \Delta f_s$ に、 C_l は $C_l + \Delta C_l$ に、 f_p は $f_p + \Delta f_p$ に変化する。 C_s は結晶中の不純物である。この際、変化前の C_s 、 C_p 及び変化後の C_s 、 $C_l + \Delta C_l$ 、即ち図中Aで示す領域の不純物量は一定である。これにより、次式(2)が成立する。

$$\begin{aligned} C_s \cdot f_s + C_p \cdot \Delta f_s + C_p \cdot \Delta f_p \\ = C_s \cdot \Delta f_s + (C_l + \Delta C_l) \cdot (f_l + \Delta f_l) \end{aligned} \quad \dots (2)$$

ここで

$$C_s = K_e \cdot C_l \quad \dots (3)$$

但し、 K_e : 実効偏析係数

であるので、これを(2)式に適用し、(2)式中の2

次の微小項を省略することにより次式(4)を得る。

$$f_1 \frac{dC_1}{df_1} + (K_e + \frac{d f_1}{d f_2}) C_1 = C_1 + C_2 \frac{d f_2}{d f_1} \quad \dots (4)$$

(4)式より例えば、理想的な場合として $C_2 = 0$ とし、結晶中不純物濃度 C_1 を以下の如く算出し、その偏析を求めることができる。即ち通常のCZ法の場合は $f_2 = 0$, $\Delta f_1 + \Delta f_2 = 0$, $C_2 = 0$ より

$$(1 - f_2) \frac{dC_1}{df_1} + (K_e - 1) C_1 = 0 \quad \dots (5)$$

これを(3)式に代入すると、

$$C_1 = K_e C_0 (1 - f_2)^{K_e - 1} \quad \dots (6)$$

となる。

同様にして熔融層法の場合は $dC_1 / df_1 = 0$, $C_2 = 0$ とすると、(4)式により、

$$C_1 = (K_e + \frac{d f_1}{d f_2}) C_1 \quad \dots (7)$$

となり、これが無偏析引き上げを実現するため

の条件である。これを熔融層圧一定法に適用した場合は $df_1 / df_2 = 0$ とし、

$$C_1 = K_e C_1 = K_e C_0 \quad \dots (8)$$

が得られ、この不純物量 C_1 を連続的に添加することにより、無偏析条件を実現させる。また、熔融層圧変化法に適用した場合は不純物の連続添加を行わないので $C_2 = 0$ であり、(7)式より

$$\frac{d f_1}{d f_2} = -K_e \quad \dots (9)$$

が満足されるように結晶引き上げに伴って熔融層厚を変化させる。

第8図は引き上げ終了時の分布を示すものである。熔融層圧一定法では熔融液13下の固体層が全部熔融して $f_2 = 0$ となった後は、無偏析条件が成立せず、(6)式に従って偏析が生じる。一方、熔融層圧変化法では初期融液率を f_{10} とすると、(9)式より

$$f_1 = f_{10} - K_e f_2 \quad \dots (10)$$

となる。 $K_e < 1$ なので $f_{10} = K_e$ とすることにより引き上げ終了時まで無偏析条件を保つことができ、

偏析が軽減される。

熔融層圧変化法において、熔融層厚の制御はヒータ12の発熱長、るつぼ1の深さ、るつぼ支持軸14a(ペDESTAL)の形状、材質を予め適切に選択することにより行われる。第9図は第4図と同様の従来の結晶成長装置内の中心軸上の温度分布を示す説明図である。図中 T_6 は熔融層6と固体層7との境界温度であり、原料の融点で決まる一定値である。 T_7 は石英製の内層保持容器1bの底部上面の温度、 T_8 は石英製内層保持容器1bの底部下面と黒鉛製外層保持容器1a間の境界温度、 T_9 は黒鉛製外層保持容器1aの底部下面温度、 T_{10} は支持軸14a下部の温度である。

ここでヒータ12の電力(発熱量)はほぼ一定に設定されるので固体層7、支持軸14aを介して熱電導により下方へ放散される熱量 Q_1 はほぼ一定になる。従って第9図より近似的に次式(11)が成立する。

(以下余白)

$$\begin{aligned} Q_1 &= \lambda_7 S_c \frac{T_6 - T_7}{l_7} \\ &= \lambda_1 S_c \frac{T_7 - T_8}{l_1} \\ &= \lambda_c S_c \frac{T_8 - T_9}{l_c} \\ &= \lambda_p S_p \frac{T_9 - T_{10}}{l_p} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

但し、 λ_7 : 固体層7の熱伝導率

λ_1 : 内層保持容器1bの熱伝導率

λ_c : 外層保持容器1aの熱伝導率

λ_p : 支持軸14aの熱伝導率

S_c : 内層保持容器1b内断面積

S_p : 支持軸14aの断面積

l_7 : 固体層7の軸方向長さ

l_1 : 石英製内層保持容器1bの底部の軸方向長さ

l_c : 黒鉛製外層保持容器1aの底部の軸方向長さ

l_p : 真空容器内支持軸14aの長さ

00式より T_s 、 T_c 、 T_p を消去すると、

$$\frac{T_s - T_c}{Q_c} = \frac{l_7}{\lambda_7 S_c} + \frac{l_1}{\lambda_1 S_c} + \frac{l_c}{\lambda_c S_c} + \frac{l_p}{\lambda_p S_p} \dots 02$$

一方、通常の結晶引上げにおいては熔融層6の表面位置は一定に保たれるので、第9図中 l は一定であり、

$$\Delta l_s + \Delta l_7 + \Delta l_p = 0 \dots 03$$

但し、 l ：熔融層6の軸方向長さ
という関係が成立つ。また

$$\Delta l_s / \Delta l_7 = \Delta f_c / \Delta f_p \dots 04$$

であり、

$$\Delta f_s + \Delta f_c + \Delta f_p = 0 \dots 05$$

であることを用いると、

$$\Delta f_s \propto \Delta l_p \dots 06$$

となる。

これらを02式に適用すると、

(以下余白)

$$\begin{aligned} \frac{\Delta f_c}{\Delta f_s} &= - \frac{\Delta f_s + \Delta f_p}{\Delta f_s} \\ &= -1 - \frac{\Delta f_p}{\Delta f_s} \\ &= -1 - \frac{\Delta l_7}{\Delta l_p} \\ &= -1 + \frac{\lambda_7 S_c}{\lambda_p S_p} \dots 07 \end{aligned}$$

となる。即ち、固体層7の伝熱性 $\lambda_7 S_c$ と、支持軸14aの伝熱性 $\lambda_p S_p$ が等しければ Δf_c （熔融層厚の変化量）は一定に保たれ、 $\lambda_p S_p > \lambda_7 S_c$ であれば、 Δf_c は引き上げに伴って減少するというような伝熱条件が成立する。該伝熱条件に基づき熔融層厚の制御が可能となる。

〔発明が解決しようとする課題〕

上述の如く00式に示した無偏析条件及び01式に示した伝熱条件に基づき熔融層圧変化法により引上げを実施した場合、理論的には結晶全長にわたって均一に偏析が抑制できるはずである。

しかしながら、熔融層法による結晶引上げにお

いて半導体装置の材料として使用される結晶の原料の固体密度は、融液密度よりも小さいので、実際には結晶引上げが進行して固体層7の厚みが浮上限界内の一定値以下になると、固体層7が熔融層6中に浮上し、結晶引上げの妨げとなる。このため、従来の結晶成長装置による結晶引上げにあっては、るつぼ1内に原料（熔融層6及び固体層7）を残した状態で結晶引上げが終了されることとなり、引上げ終了時における熔融層6及び固体層7の比率、即ち引上げ終了時における結晶引上げ率により決まる結晶の製造歩留りが悪いという問題があった。

上述の如き問題点を解決するために本発明者等は結晶の製造歩留りを向上させるべく研究、実験を行ったところ、熔融層6と固体層7との比率は従来技術で説明した伝熱条件以外に、支持軸14aと固体層6との間にある外層保持容器1a及び内層保持容器1bの底部の材質の熱伝導率に依存するという事を知見した。つまり、原料及び支持軸14aを介して熱伝導により下方へ拡散される熱量が同

じであれば、前記底部の熱伝導率が大きい程、熔融層6に対する固体層7の比率は大きくなる。ところが、熔融層法の引上げに用いられる石英製の内層保持容器1bの熱伝導率は黒鉛製の外層保持容器1a、支持軸14aの熱伝導率よりも小さいので、従来の結晶成長装置のるつぼ1の底部の熱拡散は内層保持容器1bの底部により抑制される。このため固体層7が必要以上に熔融され前記固体層7の比率が小さくなり、引上げ終了時の原料量が増大し、結晶の製造歩留りが悪い。そこで固体層7を浮上限界よりも厚くすべく前記底部の熱伝導率を増大させるためには、石英製の内層保持容器1bを底部のない筒状のものにし、前記底部の熱拡散を活発にさせればよい。

本発明は斯かる知見に基づきなされたものであり、固体層6を浮上限界より厚くすることができ、引上げ終了時のるつぼ1の原料量を減少させ、結晶の製造歩留りを向上させる結晶成長装置を提供することをその目的とする。

(課題を解決するための手段)

本発明の結晶成長装置にあっては、るつぼ内に保持された結晶用原料を上側から下側へ向けて溶融しつつ、その熔融液を上方に引き上げて結晶を成長させる装置において、前記るつぼは、有底筒状の外層保持容器内に、筒状の内層保持容器を嵌合させ形成してあることを特徴とする。

(作用)

本発明の結晶成長装置にあっては、原料(熔融層6及び固体層7)を保持するるつぼ1の側部は外層保持容器1aと内層保持容器1bとの2重構造にてなり、底部は熱伝導率が高い外層保持容器1aだけにて形成してある。従って、前記底部からの熱拡散が活発となり、前記底部と接する固体層7の比率を熔融層6に対して大きくすることができる。これにより固体層7を浮上限界より厚くすることができ、熔融層6を効率よく引上げて結晶成長させ、引上げ終了時のるつぼ1内の原料量が減少される。

(発明の原理)

まず本発明の原理につき以下に説明する。第1

$$f_s = \frac{\lambda_p S_p}{\lambda_7 S_c} [1 - (f_p + f_{lo})] \dots (20)$$

但し、 λ_p : 支持軸4aの熱伝導率

λ_7 : 固体層7の熱伝導率

S_p : 支持軸4aの断面積

S_c : 内層保持容器1b内断面積

f_p : 下部固体率

f_{lo} : 初期熔融液率

となる。また熔融層6の軸方向長さ l_6 は、

$$l_6 = l - (l_7 + l_1 + l_c + l_{po}) \dots (21)$$

但し、 l_7 : 固体層7の軸方向長さ

l_1 : 従来の石英製内層保持容器1bの底部の軸方向長さ

l_c : 本発明の外層保持容器1aの底部軸方向長さ

l_{po} : 初期の支持軸4aの長さ

となる。また、(22)式より固体層7の軸方向長さ l_7 を求めると、

(以下 余 白)

図は本発明の結晶成長装置内の中心軸上の温度分布を示す原理説明図であり、図中1はるつぼである。該るつぼ1は筒状の石英製内層保持容器1bと該内層保持容器1bの外側に内層保持容器を保持すべく嵌合された有底円筒状の黒鉛製外層保持容器1aにて2重構造に構成されている。るつぼ1内には従来と同様にして上層の熔融層6と下層の固体層7とが形成されている。該固体層7を上側から下側へ向けて溶融させつつ、前記るつぼ1の中心軸上に配された引上げ棒4にて熔融層6の熔融液を上方へ引上げてこれを凝固させ、単結晶を成長させている。るつぼ1は引上げ棒4と同一軸心底部に配された支持軸4aにて支持されている。

図中 T_m は熔融層6と固体層7との境界温度であり、原料の融点で決まる一定値である。 T_p は本発明の外層保持容器1aの底部上面の温度、 T_{po} は本発明の外層保持容器1aの底部下面温度、 T_c は支持軸4a下部の温度である。

(1)、(2)式より結晶引上げ率 f_s は

$$l_7 = \lambda_7 S_c \left(\frac{T_m - T_{po}}{Q_1} - \left(\frac{l_1}{\lambda_1 S_c} + \frac{l_c}{\lambda_c S_c} + \frac{l_{po}}{\lambda_p S_p} \right) \right) \dots (22)$$

従って、

$$f_{lo} = 1 - \frac{\lambda_7 S_c}{l - (l_1 + l_c + l_{po})} \left(\frac{T_m - T_{po}}{Q_1} - \left(\frac{l_1}{\lambda_1 S_c} + \frac{l_c}{\lambda_c S_c} + \frac{l_{po}}{\lambda_p S_p} \right) \right) \dots (21)$$

また、固体層7の熔融層6への浮遊限界厚を l_0 とおくと、固体層率 f_p は、

$$f_p = \frac{l_0}{l - (l_1 + l_c + l_{po})} \dots (22)$$

(21)、(22)式を(20)式に代入すると、固体層7の熔融層6への浮遊限界での結晶引上げ率、即ち従来の結晶成長装置における結晶の製造歩留り f_s 、及び本発明の結晶成長装置における製造歩留り f_s' は(23)、(24)式にて求められる。

$$f_s = \frac{\lambda_p S_p}{L - (L_1 + L_c + L_{p0})} \left(\frac{T_a - T_p}{Q_c} - \left(\frac{L_1}{\lambda_1 S_c} + \frac{L_c}{\lambda_c S_c} + \frac{L_{p0}}{\lambda_p S_p} + \frac{L_o}{\lambda_o S_o} \right) \right) \quad \dots (23)$$

$$f_s' = \frac{\lambda_p S_p}{L - (L_1 + L_c + L_{p0})} \left(\frac{T_a - T_p}{Q_c} - \left(\frac{L_c}{\lambda_c S_c} + \frac{L_{p0} + L_1}{\lambda_p S_p} + \frac{L_o}{\lambda_o S_o} \right) \right) \quad \dots (24)$$

従って、従来及び本発明装置において、熔融液の表面位置及び初期原料量を同等にして結晶を成長させた場合、製造歩留りの比率 f_s' / f_s は次式(25)にて与えられる。

$$\frac{f_s'}{f_s} = 1 + \frac{L_1 \left(\frac{1}{\lambda_1 S_c} - \frac{1}{\lambda_p S_p} \right)}{\frac{T_a - T_p}{Q_c} - \left(\frac{L_1}{\lambda_1 S_c} + \frac{L_c}{\lambda_c S_c} + \frac{L_{p0}}{\lambda_p S_p} + \frac{L_o}{\lambda_o S_o} \right)} \quad \dots (25)$$

ここで引上げ終了時においては $f_s > 0$ であるから、(25)式右辺第二項の分母は必ず正値をとる。

また分子については $L_1 > 0$ であり、熔融層法の対象となる半導体では $K_e < 1$ であるから、熔融層厚一定法でも熔融層厚変化法でも(9)、(10)式で説明したように(26)式が成立する。

$$\lambda_o S_o \leq \lambda_p S_p \quad \dots (26)$$

更に熔融層法の対象となる半導体の引上げにおいては、るつぼ1の熱伝導率 λ_1 は原料固体の熱伝導率 λ_o より小さいため、(27)式が(26)式より得られる。

$$\frac{1}{\lambda_1 S_c} > \frac{1}{\lambda_p S_p} \quad \dots (27)$$

(25)式において右辺第二項は常に正であるので(28)式が得られる。

$$\frac{f_s'}{f_s} > 1 \quad \dots (28)$$

従って従来法と比較して、本発明法は製造歩留りを向上できる。

(実施例)

以下本発明を図面に基づき具体的に説明する。
第2図は本発明の結晶成長装置を示す模式的縦断

面図であり、図中10は所要の真空度に設定されたチャンバを示す。該チャンバ10の上面中央部には矢符方向に所定速度で回転する引上げ棒4がエアシールドされて貫通されている。該引上げ棒4には種結晶5aが取付けられている。

チャンバ10の底面中央部には引上げ棒4と同一軸心で後述する如く2重構造を有し、引上げ棒4と逆方向に所定速度で回転するるつぼ1の支持軸4aがエアシールドされて貫通している。該支持軸4aの先端には有底円筒状の外層保持容器1aの内側に、石英製であり筒状の内層保持容器1bを嵌合させて2重構造としてあるるつぼ1が取付けられている。前記るつぼ1の上方のチャンバ10内には不純物を貯留する図示しない貯留箱が設けられており、その底蓋を図示しない開閉手段にて開けると内層保持容器1b内に不純物を添加できるようになっている。

るつぼ1の回転域のやや外側の位置には抵抗加熱式のヒータ2が、その更に外側のチャンバ10との間の位置にはるつぼ1の上方から支持軸4aの上

端にわたる軸長方向長さを有する保温筒8が夫々同心円状に配設されている。ヒータ2は、その軸長方向長さがるつぼ1のそれよりも適当に短く、図示しない昇降装置により昇降可能に支持されており、るつぼ1の底部よりやや上方に、軸長方向の下端部を位置させて配されている。

前記るつぼ1内には、所定重量の固形単結晶用材料の上層部をヒータ2にて熔融させることにより、上層の熔融層6及び下層の固体層7が形成されている。

また、チャンバ10の上部には小片または粒状の固体原料を収納するホッパ(図示せず)より固体原料を取り出し、秤量した後、原料をるつぼ1内に投入できるようにした原料供給器11が配設されている。

以上のように構成された結晶成長装置にあっては、所定重量の熔融層6及び固体層7を形成し、引上げ棒4に取付けられた種結晶5aを熔融層6の表面に接触させる。そして引上げ棒4を結晶成長に合わせて回転させつつ上方へ引上げていくこと

により、熔融液を凝固させ、単結晶5を成長させる。原料の熔融中、熔融後または結晶上げ中には随時熔融液中へ不純物が添加される。

結晶の成長に伴い、るつぼ1の位置制御及び／又はヒータ2の温度制御により固体層7を熔融し、引上げを行う。

(実験例)

従来及び本発明の結晶装置において内層保持容器1bとして内径150mm、深さ200mm、厚さ4mmの石英を用い、外層保持容器1a及び支持軸14a及び支持軸4aとして黒鉛を用い、原料として多結晶シリコンを、不純物として原料に対する実効偏析係数 K_e が0.35であるリンを用いて、熔融層厚変化法による結晶引上げを行った。

その結果、従来装置にあっては結晶化率 $f_s = 0.62$ であり、固体層7の熔融層6への浮遊が確認された。一方、本発明装置にあっては $f_s' = 0.71$ まで固体層7の浮遊なしに結晶化でき、製造歩留りが向上された。また、石英製内層保持容器1bの製造コストが低減された。

(効果)

以上詳述した如く本発明の結晶成長装置は、原料を保持するるつぼ1の底部が熱伝導率が高い外層保持容器1aだけにて形成されているので、前記底部からの熱拡散が活発となり、固体層7を浮上限界より厚くすることができ、引上げ終了時のるつぼ1内の原料量を減少させ、結晶の製造歩留りを向上させることができるという優れた効果を奏する。

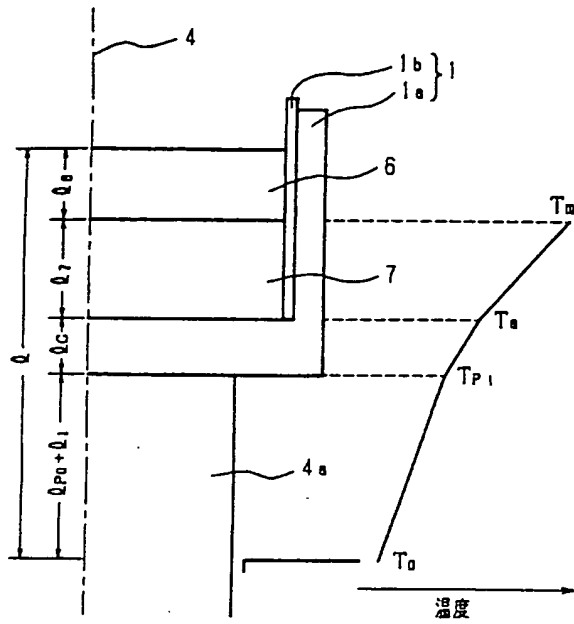
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の結晶成長装置内の中心軸上の温度分布を示す説明図、第2図は本発明の結晶成長装置を示す模式的縦断面図、第3図は従来の結晶成長装置の模式的縦断面図、第4図は熔融層法による従来の結晶成長装置の模式的縦断面図、第5図～第8図は不純物の偏析軽減の原理を説明するための一次元モデルを示す説明図、第9図は従来の結晶成長装置内の中心軸上の温度分布を示す説明図である。

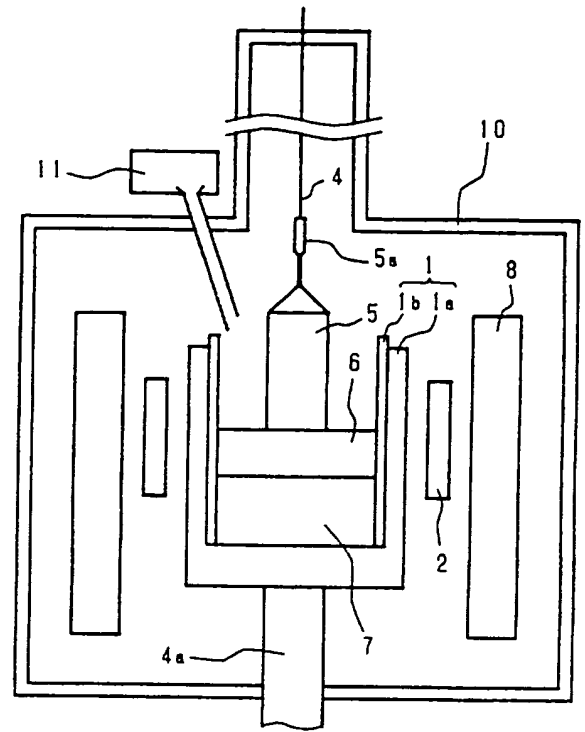
1…るつぼ 1b…内層保持容器 1a…外層保持

容器 6…熔融層 7…固体層

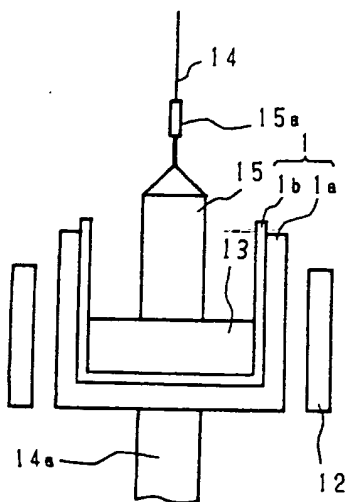
特 許 出 願 人 住友金属工業株式会社
代 理 人 弁 理 士 河 野 登 夫



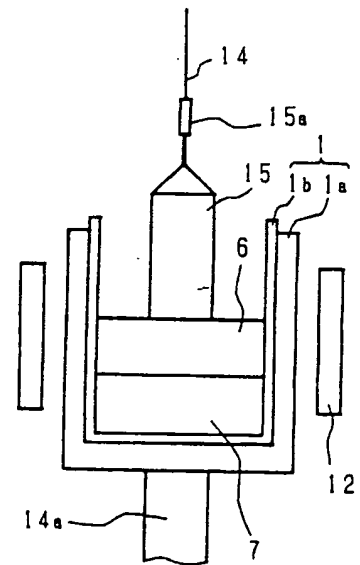
第 1 図



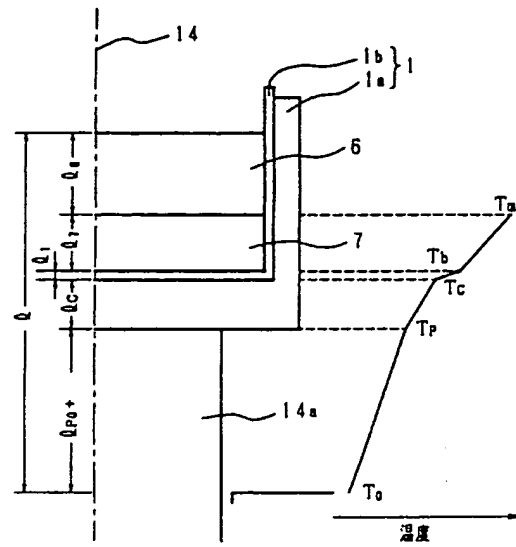
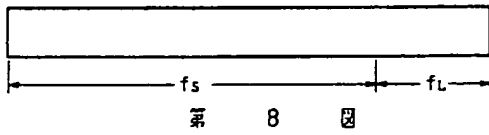
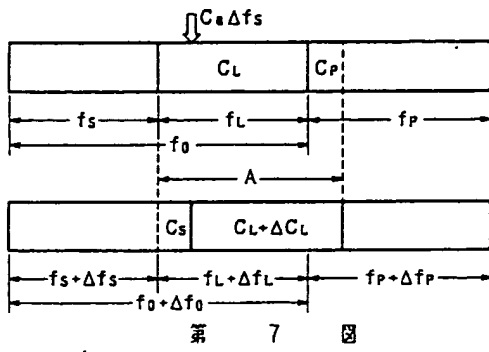
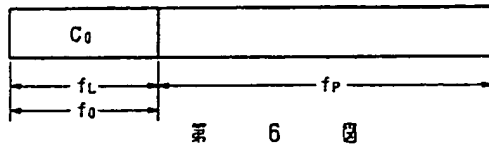
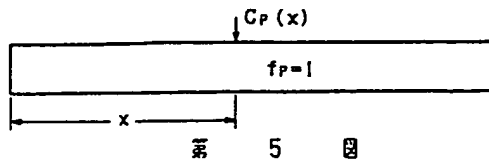
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 9 図